

HUBUNGAN HUJAN DAN LIMPASAN PADA SUB DAS KECIL PENGUNAAN LAHAN HUTAN, SAWAH, KEBUN CAMPURAN DI DAS KREO

Relation Rainfall Runoff at Small Watershed with Land Use Forest, Ricefield, Mixed Garden in Kreo Watershed

Dewi Liesnoor Setyowati

Jurusan Geografi FIS UNNES Kampus Sekaran Gunungpati Semarang

E-mail: liesnoor@yahoo.co.id

ABSTRACT

Tendency of landuse conversion is followed by maximum discharge of Kreo River, but unknown land use type what which can race improvement of runoff. Purpose of the research is study the relation of rainfall runoff at forest, rice field, and mixed garden. Research about rainfall runoff study is including research type of experiment for purpose of descriptive, through observation of rain data and water level at small watershed with one land use types that is forest, ricefield, and mixed garden. Instrument of rain and water level attached at small watershed during the rains 2007. Data analysis comprises analysis of stream hydrograph, rain analysis, stream coefficient, and statistic analysis as well. Big the so small runoff value is more determined by rainfall amounts happened non land use type. Number of big rains at one land use will yield big runoff also, while the same rainfall amounts at some land use types will yield varying runoff follows land use type and condition of soil At small watershed (less than 200 ha), the relation of rainfall (P) with direct runoff (DRO) has very strong correlation (R^2 bigger than 0.7). Relation between rain intensity (I) with DRO; I with peak discharge (Q_p); duration of rain (DR) with DRO; DR with Q_p indicated weak reaction (R^2 less than 0.3). It indicated there were many factors (more than 70%) which influenced the above mentioned relations. Runoff coefficient value at forest was 0,3566, mix forest was 0,4227, rice field was 0,6661, and mixed garden was 0,4227. Land ability to permeate in the forest (65%) is bigger than mixed garden (57%) and ricefield (33%).

Key words: *rainfall runoff, small watershed*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk selalu diikuti kebutuhan hidup manusia, antara lain kebutuhan lahan untuk tempat tinggal dan aktivitas manusia, sehingga terjadi konversi lahan. Perubahan penggunaan lahan pada sistem daerah aliran sungai (DAS) akan mempengaruhi kondisi limpasan, terjadi perubahan debit aliran

sungai. Pada keadaan ekstrim, distribusi hujan menjadi limpasan berlangsung sangat cepat sehingga menyebabkan limpasan meningkat dengan cepat pula. Dampak dari fenomena tersebut dapat menimbulkan ancaman bagi manusia dan lingkungan seperti banjir dan longsor.

Perubahan dinamika penggunaan lahan mengakibatkan perubahan limpasan

permukaan (*overland flow*) dan fluktuasi aliran sungai. Konversi lahan akan memberikan pengaruh langsung terhadap total hujan limpasan. Jenis vegetasi yang berbeda akan memberikan respon limpasan yang berbeda. Laoh (2002) mengatakan bahwa pada lahan bervegetasi lebat, air hujan yang jatuh akan tertahan pada vegetasi dan meresap ke dalam tanah melalui vegetasi dan seresah daun di permukaan tanah, sehingga limpasan permukaan yang mengalir kecil. Pada lahan terbuka atau tanpa vegetasi, air hujan yang jatuh sebagian besar menjadi limpasan permukaan yang mengalir menuju sungai, sehingga aliran sungai meningkat dengan cepat.

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi DAS, karena jumlah hujan dialihragamkan menjadi aliran sungai (*runoff*) melalui limpasan permukaan, aliran bawah tanah, maupun aliran air tanah. Menurut Haan, *et al.*, (1982) hujan dan aliran adalah saling berhubungan dalam hal hubungan antara volume hujan dengan volume aliran, distribusi hujan per waktu mempengaruhi hasil aliran, dan frekuensi kejadian hujan mempengaruhi aliran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan yaitu 1) faktor meteorologi terdiri dari tipe intensitas, lama dan agihan presipitasi, suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan tekanan udara, 2) faktor DAS berupa bentuk DAS, kemiringan DAS, geologi, tipe tanah, vegetasi dan jaringan drainase, dan 3) faktor manusia dalam sistem DAS (Seyhan, 1977).

Secara umum perubahan lahan di DAS Kreo berupa peningkatan kawasan permukiman, perkebunan, dan kebun campuran. Kecenderungan perubahan penggunaan lahan DAS Kreo diikuti peningkatan limpasan permukaan, sehingga pada beberapa tahun akan terjadi pe-

ningkatan debit maksimum aliran sungai. Hal ini dibuktikan dari data debit maksimum Kali Kreo selama kurun waktu 1992 sampai 2007, menunjukkan peningkatan nilai debit maksimum Kali Kreo pada tahun 1993, 2001, 2003, dan 2007.

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang akan diungkap dalam penelitian ini adalah perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan limpasan Kali Kreo, sehingga muncul pertanyaan penelitian jenis penggunaan lahan apakah yang dapat menghasilkan limpasan paling besar? Penelitian ini bertujuan mengkaji hubungan hujan dan limpasan pada sub DAS kecil dengan penggunaan lahan homogen hutan, hutan campuran, sawah, atau kebun campuran.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada DAS Kreo seluas 65,06 km². Satuan pengamatan berupa sub DAS kecil dengan satu jenis penggunaan lahan homogen yaitu hutan, hutan campuran, sawah, dan kebun campuran (Tabel 1 dan Lampiran 1). Setiap sub DAS mempresentasikan respon hujan dan karakteristik limpasan. Penentuan sub DAS sebagai obyek penelitian menggunakan teknik *purposive sampling*, sampel sub DAS dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu. Adapun beberapa alasan mendasar dipilihnya empat sampel sub DAS tersebut melalui pertimbangan berikut: (1) sub DAS memiliki jenis penggunaan lahan homogen dengan luas minimal 75%; (2) sub DAS berupa sungai orde satu, lokasi sub DAS dapat dijangkau dengan sepeda motor atau ditempuh dengan berjalan kaki maksimal sejauh 1,0 km, karena setiap 2-3 hari dilakukan *download* data; (3) aliran sungai

diharapkan hanya berasal dari curah hujan saja, tidak terdapat tambahan aliran, pengurangan aliran, ataupun sudetan untuk saluran irigasi; (4) luas sub DAS kecil (kurang dari 250 ha), supaya asumsi hujan jatuh merata dalam sub DAS dapat terpenuhi.

Bahan dan Alat

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari lapangan (pada empat sub DAS kecil), meliputi: data curah hujan (satu menit) terdiri dari tebal hujan (P), intensitas hujan (I), durasi hujan (DR); data tinggi muka air (satu menit) diolah menjadi limpasan langsung (DRO), waktu dasar (Tb), waktu puncak (Tp), debit puncak (Qp), dan data kecepatan aliran pada empat sub DAS kecil. Data sekunder diperoleh dari beberapa instansi terkait meliputi: data meteorologi (hujan, kelembaban, suhu, dan tekanan udara), data debit Kali Kreo, Citra Landsat 1994, Citra SPOT 2006, Peta Rupabumi, skala 1:25.000, peta tanah semi detail, dan peta geologi.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa peralatan lapangan, berupa alat pencatatan otomatis untuk merekam data hujan dan tinggi muka air (Tabel 2). Alat pencatatan manual dilakukan di lapangan

menggunakan peralatan kompas geologi, kamera digital, dan *notebook*.

Pengolahan Data

1) menganalisis data hujan sesaat sehingga diperoleh tebal hujan (P), intensitas hujan (I), dan durasi hujan (DR); 2) perhitungan distribusi hujan rata-rata DAS Kreo menggunakan tiga stasiun hujan otomatis; stasiun Gunungpati, Medini, dan Mijen; 3) membuat *rating curve* pada sub DAS kecil yang dipantau; 4) menganalisis data tma menjadi data limpasan sesaat, mengolah hidrograf aliran sehingga diperoleh data limpasan permukaan (DRO), waktu dasar (tb), waktu puncak (tp), debit puncak (Qp), pada sub DAS hutan, sawah, kebun campuran; 5) menganalisis respon hujan dan limpasan berbagai bentuk penggunaan lahan pada sub DAS hutan, sawah, atau kebun campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi dan Pemasangan Alat Pantau CH-TMA pada sub DAS kecil

Pengamatan data hujan dan limpasan pada sub DAS kecil dengan penggunaan homogen berupa hutan, sawah, atau kebun campuran

Tabel 1. Lokasi Sub DAS Kecil dan Luas Penggunaan Lahan

Sub DAS	Kode	Lokasi	Luas (Ha)	Luas Penggunaan Lahan (%)			
				Hutan	Sawah	Kb.Camp	Prmkn
Kedungdoro Hulu	F	Desa Jambon	134,42	100,0	-	-	-
Gergaji	A	Desa Kluwak	154,18	98,0	2,0	-	-
Bentul	M	Desa Semanggis	108,98	-	86,2	5,9	7,9
Siroto	O	Desa Nglarang	43,82	-	10,9	77,1	11,0

Sumber: hasil delineasi citra SPOT tahun 2006 dan cek lapangan tahun 2007, Lampiran 1.

an menggunakan alat otomatis pemantau hujan dan tma. Pengukuran hujan dan tinggi muka air menggunakan prinsip kerja *echo sounder* yaitu pulsa *ultrasonic*, yang merupakan sinyal *ultrasonic* dengan frekuensi 40 KHz, dikirimkan dari pemancar *ultrasonic*. Ketika pulsa mengenai air dipantulkan, dan diterima kembali oleh penerima *ultrasonic*. Berdasarkan ukuran selang waktu antara saat pulsa dikirim dan pulsa pantul diterima, jarak antara alat pengukur dan permukaan air bisa dihitung. Sensor batas air digunakan untuk memeriksa tinggi penampungan air hujan.

Komponen peralatan didesain sedemikian rupa supaya kedudukan sensor dalam posisi tegak lurus. Berdasarkan hal tersebut peralatan pemantau hujan-TMA perlu dirakit menggunakan besi yang bersiku supaya kedudukan komponen alat menjadi stabil. Peralatan yang sudah dirakit dan dipasang sesuai kedudukannya, ditampilkan seperti Gambar 1.

Setelah alat selesai dibuat dilakukan kalibrasi untuk mengukur keakuratan alat supaya sesuai dengan kondisi di lapangan. Kalibrasi dilakukan pada perekaman sensor

Tabel 2. Nama Alat, Letak Koordinat, dan Kepemilikan Alat

No	Nama Alat	Koordinat		Ke- tinggian	Keterangan
		X	Y		
1	Alat Pantau CH-TMA – Sub DAS F	427534	9221175	580 m	Merakit sendiri
2	Alat Pantau CH-TMA – Sub DAS M	428637	9215971	215 m	Merakit sendiri
3	Alat Pantau CH-TMA – Sub DAS O	427445	9217620	312 m	Merakit sendiri
4	Alat Pantau TMA Logger - Sub DAS A	426189	9211340	475 m	Milik Dr.M.Pramono,MSc
5	Stasiun AWLR Kalipancur	424108	9218698	20 m	Milik BPSDA Semarang
8	Stasiun Hujan Otomatis Medini	427699	9215438	1.050 m	Milik BPTP Prop. Jateng
9	Stasiun Hujan Otomatis Mijen	424108	9218698	244 m	Milik BPTP Prop. Jateng
10	Stasiun Hujan Otomatis Gunungpati	426176	9208118	285 m	Milik BPTP Prop. Jateng

Sumber: Setyowati, 2010

Keterangan:

BPTP = Balai Pengembangan Teknologi Pertanian Propinsi Jawa Tengah

BPSDA = Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Kota Semarang

TMA dan sensor Hujan. Akurasi alat diketahui dari pengetesan alat, maka sebelum alat di-gunakan dilakukan kalibrasi alat (Tabel 3).

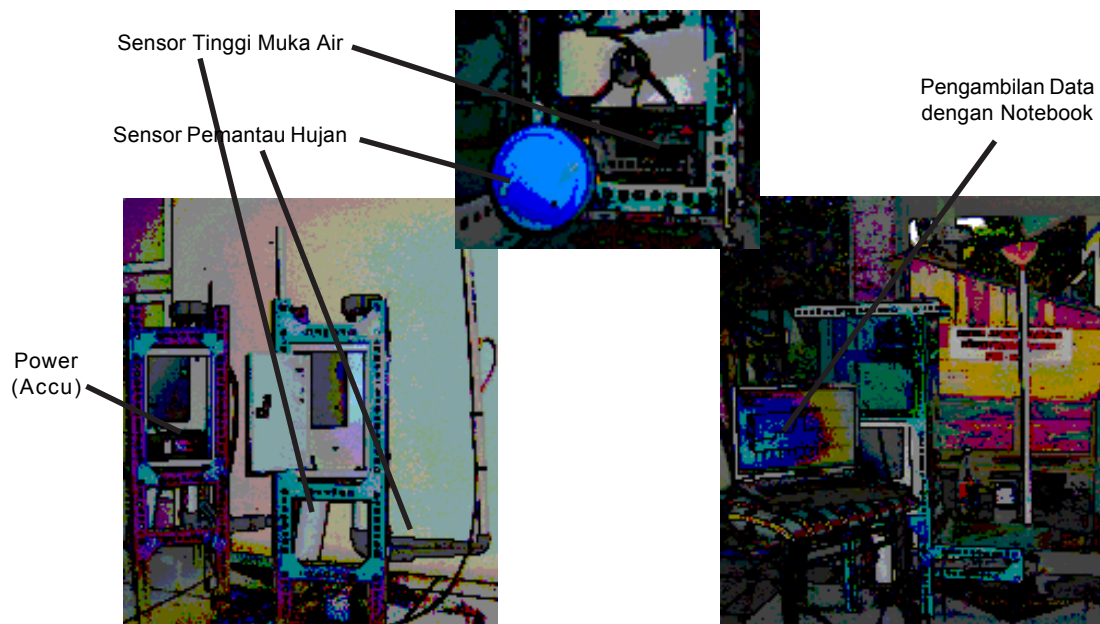
Kalibrasi alat dilakukan dengan cara memasukkan air ke dalam alat sebagai data hujan dengan volume tertentu. Sensor alat pemantau CH akan membidik batas atas dan batas bawah, sehingga diketahui ketinggian air yang berada pada pipa. Hasil data pada beberapa kali pengukuran menunjukkan data pada kedua ketinggian air tidak berbeda, ditunjukkan dengan nilai R^2 sebesar 0,97 sampai 0,99. Dengan demikian maka kondisi alat pemantau CH akurat sehingga dapat diterapkan untuk melakukan pengukuran di lapangan. Demikian pula dilakukan pada alat pemantau tinggi muka air (TMA), Grafik kalibrasi alat pemantau TMA menunjukkan nilai R^2 pada keempat alat sebesar 0,99 (disajikan pada Lampiran 2).

Pemasangan alat pemantau hujan-TMA pada tepi sungai sub DAS A, F, M, dan O,

ternyata mempunyai kendala yang berbeda antara lokasi satu sungai dengan sungai yang lain. Masing-masing lokasi mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga teknik pemasangan alat hujan-TMA dengan kondisi daerah. Kedudukan alat terutama posisi sensor dan pralon harus selalu tegak lurus terhadap bidang horisontal. Pada Gambar 2 dipaparkan tentang lokasi pemasangan alat pantau hujan dan TMA.

Karakteristik Hujan pada Sub DAS Kecil

Kecenderungan tebal hujan dan intensitas hujan pada sub DAS F (Hutan), sub DAS A (Hutan campuran), sub DAS M (sawah), dan sub DAS O (kebun campuran) berbeda. Tidak selalu kejadian tebal hujan tinggi akan menghasilkan intensitas hujan yang tinggi, sebaliknya curah hujan rendah dapat menghasilkan intensitas tinggi. Rata-rata hujan terbesar di sub DAS A (18,26 mm), diikuti sub DAS F (7,47 mm), sub DAS O (7,45 mm), dan sub DAS M (5,26 mm). Hadi (2006) mengatakan bahwa fenomena kejadian hujan tidak hanya disebabkan oleh



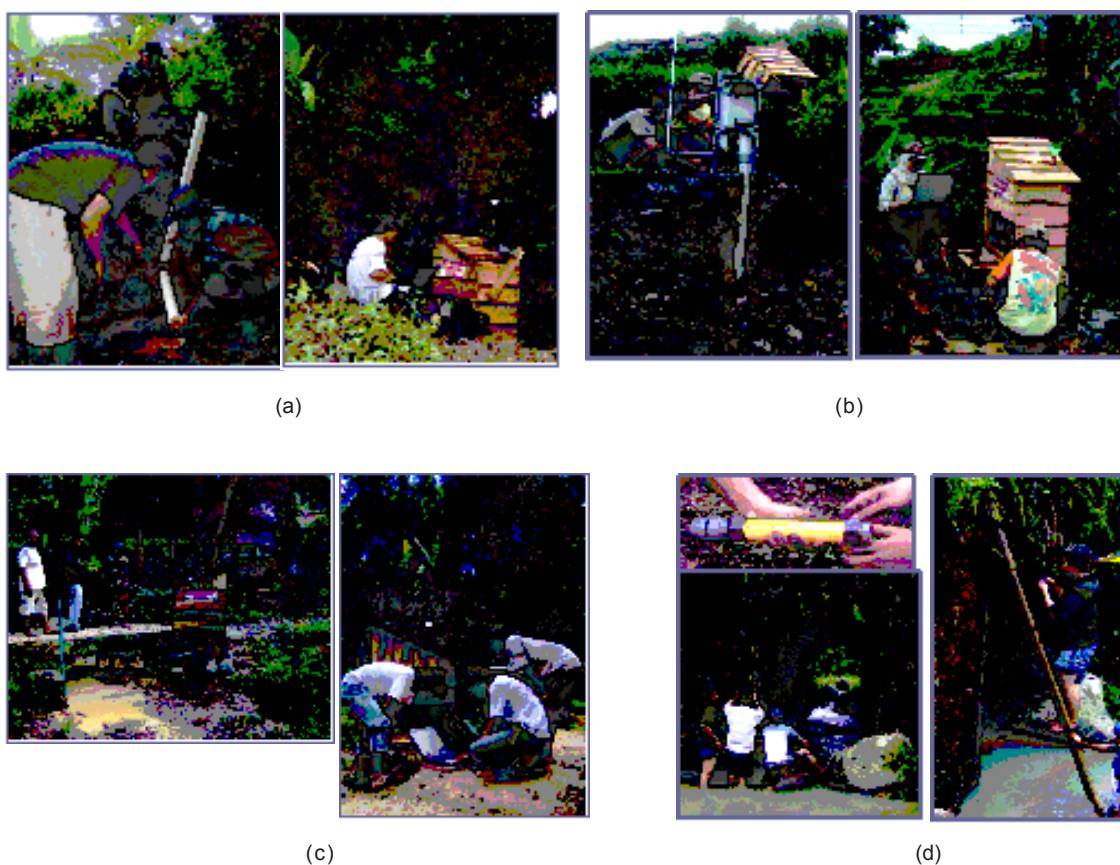
Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Perlengkapan Alat Pemantau CH-TMA

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Alat Pemantau Hujan Tinggi Muka Air

No	Nama Alat	Lokasi	Persamaan Konversi Alat Pemantau TMA	Tinggi Sensor (cm)	Persamaan Konversi Alat Pemantau CH
1	Alt 1	Sub DAS F	$y = 0,1901x - 55,405$	162	$y = -0,4146x + 1354,5$
2	Alt 2	Sub DAS A	$y = 0,1911x - 132,52$	137	$y = -0,3620x + 1336,2$
3	Alt 3	Sub DAS O	$y = 0,1889x - 84,374$	129	$y = -0,3998x + 1280,7$
4	Alt 4	Sub DAS M	$y = 0,1795x - 68,82$	188	$y = -0,4375x + 1376,6$

Sumber: hasil kalibrasi alat, Lampiran 2.



Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Pemasangan Alat Pemantau Hujan-TMA pada Sub DAS F (a), Sub DAS M (b), Sub DAS O (c), dan Logger pada Sub DAS A (d)

kondisi awan saja, tetapi faktor angin, kelembaban udara, temperatur udara, dan masih banyak faktor lainnya yang mempengaruhi terjadinya hujan.

Karakteristik Limpasan Sub DAS Kecil

Limpasan permukaan terbesar terjadi pada sub DAS A (7,29 mm), diikuti sub DAS M (5,33 mm), sub DAS O (3,50 mm) dan sub DAS F (3,37 mm). Debit puncak tertinggi pada sub DAS A ($2,35 \text{ m}^3/\text{dt}$) diikuti sub DAS M ($1,29 \text{ m}^3/\text{dt}$), sub DAS F ($1,25 \text{ m}^3/\text{dt}$), dan sub DAS O ($0,88 \text{ m}^3/\text{dt}$). Limpasan merupakan dampak kejadian hujan, sehingga tergantung dari data hujan penyebabnya. Kalau dilihat dari data hujan penyebabnya maka sub DAS A memiliki nilai tertinggi dan sub DAS O terendah. Hujan tinggi akan menyebabkan intensitas, limpasan dan debit puncak yang tinggi pula, kondisi hujan yang relatif sama akan menunjukkan variasi mengikuti jenis penggunaan lahan.

Respon Hujan dan Limpasan Berbagai Penggunaan Lahan

1) Hubungan Tebal Hujan (P) dengan Limpasan Permukaan (DRO) dan Debit Puncak (Qp)

Grafik hubungan P dengan DRO dan Qp menunjukkan adanya kecenderungan sama, yaitu semakin besar nilai P maka nilai DRO dan Qp juga semakin besar. Namun pada nilai Qp kenaikan tebal hujan hanya diikuti sedikit kenaikan Qp sehingga grafik mendekati datar (Gambar 3 dan Gambar 4).

Nilai koefisien determinasi atau penentu (R^2) menunjukkan nilai persentase dari variabel yang digunakan. Hubungan antara P dan DRO menunjukkan nilai R^2 berkisar antara 0,72 sampai 0,95 (Gambar 3). Artinya bahwa sumbangan tebal hujan (P) terhadap limpasan permukaan (DRO) pada sub DAS F (sawah) sebesar 81,24%, sub DAS O (kebun campuran) terbesar 94,8%,

sub DAS F (hutan) sebesar 83,1%, dan sub DAS A (hutan campuran) sebesar 72,2%. Terdapat faktor lain yang mempengaruhi hubungan P menjadi DRO sebesar 5,2%-30%, antara lain berasal dari nilai hujan, kondisi fisik DAS, jenis tanah, dan jenis vegetasi dominan.

Nilai kemencengan garis (α) terbesar pada sub DAS sawah, diikuti kebun campuran, hutan, dan hutan campuran, artinya P akan menyebabkan DRO terbesar pada sub DAS sawah, dan DRO paling kecil pada sub DAS hutan dan hutan campuran.

Persamaan garis pada sub DAS sawah adalah $\text{DRO} = 0,9016P - 1,3762$; untuk sub DAS kebun campuran adalah $\text{DRO} = 0,5008P - 0,0901$; pada sub DAS hutan $\text{DRO} = 0,3264P - 0,4581$; sub DAS hutan campuran $\text{DRO} = 0,2255P - 0,3819$. Berdasarkan persamaan garis tebal hujan dan limpasan permukaan, dapat dihitung dan diprediksikan nilai DRO pada berbagai nilai *input* tebal hujan (P).

Hubungan P dan Qp menunjukkan hubungan yang lemah, nilai R^2 kurang dari 30%. Masih terdapat banyak faktor lain yang mempengaruhi hubungan P dengan Qp antara lain jumlah hujan, intensitas hujan, morfometri DAS, kondisi tanah, serta luasan vegetasi.

Nilai kemencengan garis (α) hubungan tebal hujan (P) dan debit puncak (Qp) terbesar pada sub DAS hutan campuran, diikuti hutan, sawah, dan kebun campuran. Artinya hujan akan menyebabkan debit puncak meningkat paling besar pada sub DAS hutan campuran, diikuti hutan, sawah, dan kebun campuran.

Setiap penggunaan lahan mempunyai respon berbeda terhadap hujan dan limpasan, karena karakteristik vegetasi, sistem perakaran, dan sifat tanah yang berbeda. Menurut Yusmандhany (2004) dan Arsyad (1989) hutan dan

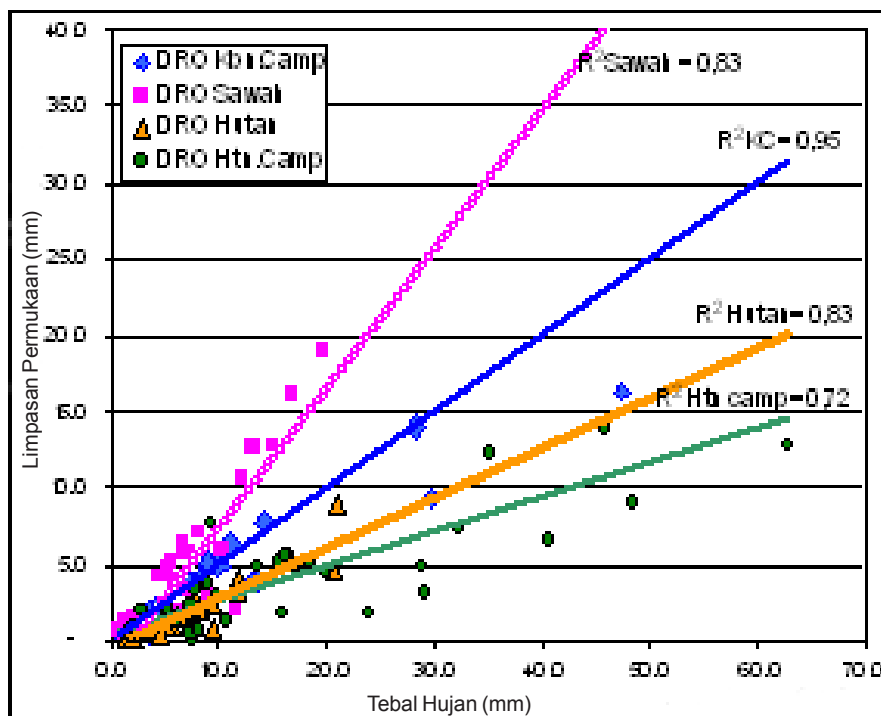
kebun campuran mempunyai ruang pori total lebih baik karena memiliki seresah di permukaan tanah, perakaran dalam, serta perlindungan dari tajuk pepohonan yang berlapis. Pada lahan sawah dengan tekstur tanah lempung mempunyai kapasitas adsorpsi dan kemampuan meresapkan air yang rendah.

2) Hubungan Intensitas Hujan (I) dengan Limpasan permukaan Langsung (DRO)

Intensitas hujan (I) menunjukkan jumlah hujan per-satuan waktu, intensitas hanya

berlangsung singkat dan diikuti dengan kenaikan DRO. Grafik hubungan antara I dengan DRO pada sub DAS hutan, hutan campuran, sawah, dan kebun campuran mempunyai kecenderungan sama (Gambar 5).

Hubungan intensitas hujan I terhadap DRO menunjukkan nilai koefisien determinasi yang lemah karena nilai R^2 mendekati nol atau kurang dari 0,48. Kenaikan I diikuti sedikit kenaikan DRO, karena masih banyak faktor lain yang mempengaruhi DRO, seperti jumlah hujan, lama hujan, kondisi tanah awal, infiltrasi, kemampuan tanah meresapkan air, dan jenis vegetasi penutup tanah.



Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Hubungan P dengan DRO

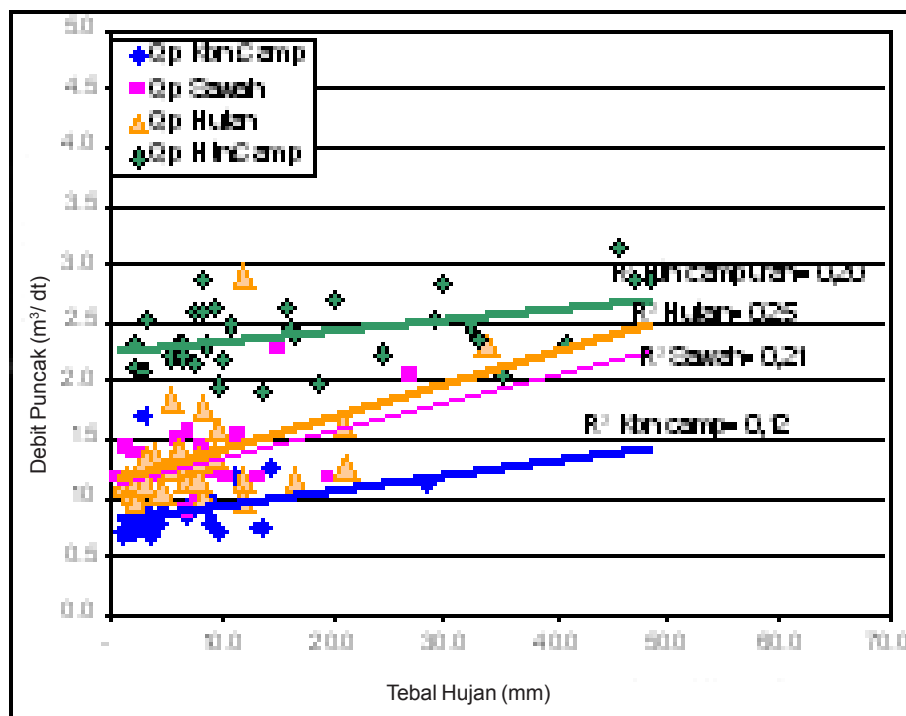
Tabel 4. Keterangan Gambar 3

Penggunaan Lahan	Persamaan	R^2	A
Hutan	$y = 0,3264x - 0,4581$	0,831	0.32
Hutan Campuran	$y = 0,2255x + 0,3819$	0,722	0.26
Sawah	$y = 0,9016x - 1,3762$	0,812	0.91
Kebun Campuran	$y = 0,5008x - 0,0901$	0,949	0.52

Nilai kemencengan garis (α) terbesar pada sub DAS sawah, diikuti kebun campuran, hutan campuran, dan hutan. Artinya Intensitas hujan menyebabkan DRO paling besar pada sub DAS sawah, dan DRO paling kecil pada sub DAS hutan. Persamaan garis pada sub DAS sawah adalah $DRO = 0,8874I + 2,202$; untuk sub DAS kebun campuran adalah $DRO = 0,536I + 1,6177$; pada sub DAS hutan $DRO = 0,2841I + 1,9926$; hutan campuran $DRO = 1,1832P - 0,0594$. Berdasarkan persamaan garis tersebut, dapat diprediksikan nilai DRO

pada berbagai nilai *input* intensitas hujan (I). Limpasan permukaan akan meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas hujan, dengan waktu dan terjadinya proses penjenruhan tanah. Intensitas hujan yang konstan juga dapat meningkatkan limpasan permukaan (Kinoshita and Nekane, 2002). Hubungan antara I dengan DRO menunjukkan hubungan yang tidak kuat, karena nilai koefisien determinan mendekati angka 0,5.

3) Hubungan Durasi Hujan (DR) dengan Limpasan Permukaan (DRO)



Sumber: hasil analisis

Gambar 4. Hubungan P dengan Qp

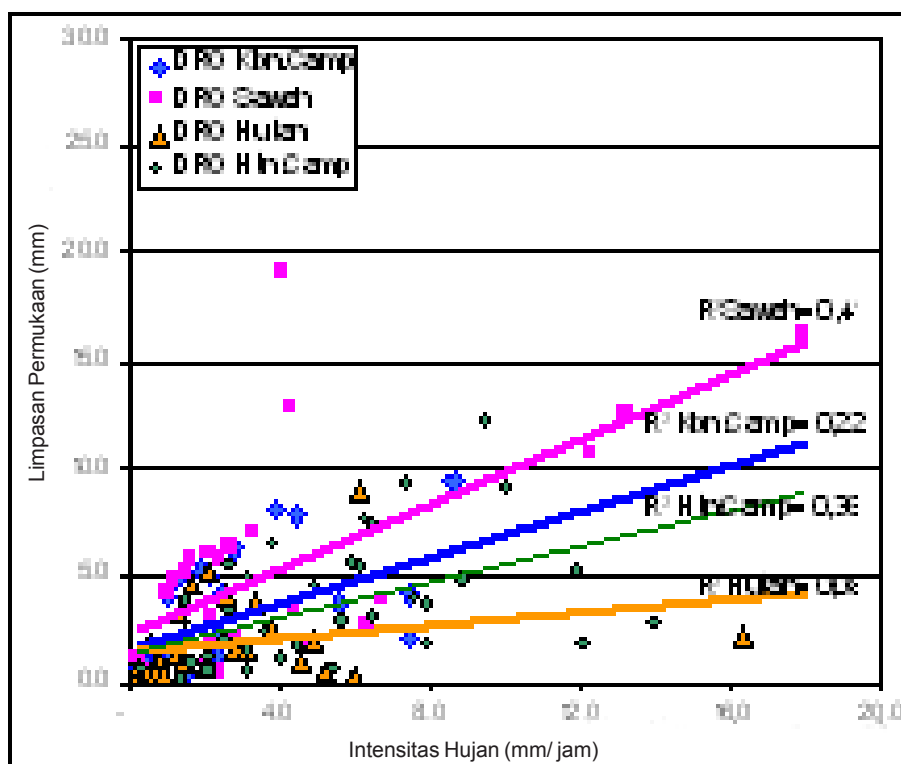
Tabel 5. Keterangan Gambar 4

Penggunaan Lahan	Persamaan	R ²	α
Hutan	$y = 0,0280x + 1,1174$	0,245	0.05
Hutan Campuran	$y = 0,0096x + 2,2422$	0,204	0.06
Sawah	$y = 0,0237x + 1,1025$	0,209	0.05
Kebun Campuran	$y = 0,0134x + 0,8007$	0,121	0.03

Grafik hubungan durasi hujan (DR) dengan DRO pada sub DAS hutan, hutan campuran, sawah, kebun campuran menunjukkan kecenderungan yang sama. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2), nilai DR dan DRO menunjukkan hubungan lemah. Sumbangan DR terhadap DRO pada sub DAS sawah sebesar 4,3%, kebun campuran sebesar 13,1%, hutan campuran sebesar 4,1%, dan sub DAS hutan hanya sebesar 0,41%. Masih banyak faktor lain yang mempengaruhi DRO selain waktu hujan

(DR), yaitu jumlah hujan, intensitas hujan, kondisi tanah, dan jenis vegetasi. Lama hujan tidak mempunyai pengaruh nyata terhadap DRO, disebabkan karena walaupun hujan berlangsung lama tetapi kalau jumlahnya kecil maka DRO juga kecil. Sebaliknya bila hujan berlangsung cepat tetapi dengan jumlah P besar, maka akan menghasilkan DRO besar pula.

Nilai kemencengan garis (α) pada grafik (Gambar 6) hubungan DR dan DRO



Sumber: hasil analisis

Gambar 5. Hubungan I dengan DRO

Tabel 6. Keterangan Gambar 5

Penggunaan Lahan	Persamaan	R^2	α
Hutan	$y = 0,2841x + 1,9926$	0,083	0.27
Hutan Campuran	$y = 1,1832x - 0,0594$	0,361	0.50
Sawah	$Y = 0,8874x + 2,202$	0,409	0.89
Kebun Campuran	$y = 0,5360x + 1,6177$	0,225	0.61

terbesar pada sub DAS sawah, diikuti hutan campuran, kebun campuran, dan hutan. Artinya DR akan menyebabkan DRO paling besar pada sub DAS sawah, dan DRO paling kecil pada sub DAS hutan.

Persamaan garis pada sub DAS sawah adalah $DRO = 0,653DR + 3,1127$; pada sub DAS kebun campuran adalah $DRO = 0,512DR + 1,2137$; pada sub DAS hutan $DRO = 0,0885DR + 1,4798$; pada sub DAS hutan campuran $DRO = 0,4108DR + 2,9693$. Berdasar persamaan garis durasi hujan dan limpasan permukaan, dapat diprediksikan nilai DRO pada berbagai nilai *input* durasi hujan (DR). Pada sub DAS sawah nilai DR akan menghasilkan DRO paling besar diikuti sub DAS hutan campuran, kebun campuran, dan hutan.

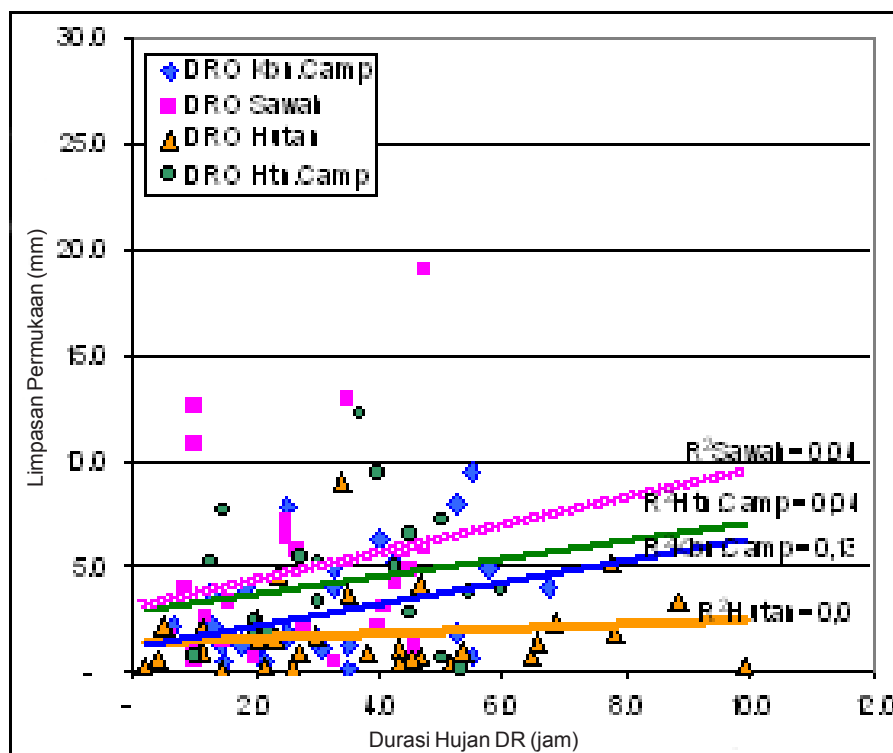
Pada sub DAS sawah dan hutan campuran mempunyai kenaikan DRO relatif lebih

besar. Sawah memiliki tanah lempung dengan sifat mampu menahan air dan sedikit meresapkan air, sehingga semakin lama hujan nilai DRO meningkat. Sub DAS hutan dan kebun campuran mempunyai vegetasi cukup lebat dengan kondisi tanah bervariasi. Secara umum kondisi tanah mudah meresapkan air, sehingga DRO kecil.

4) Kecenderungan Hujan (P) dan Limpasan (DRO) Berbagai Kelompok Hujan dan Intensitas Hujan

Karakteristik hujan mempengaruhi limpasan. Pada Gambar 7 disajikan pola persebaran hujan, yaitu pada kelompok hujan kecil menghasilkan limpasan kecil, sebaliknya pada kelompok hujan besar menghasilkan hujan yang besar.

Tebal hujan pada kelompok hujan 0-10 mm akan menghasilkan DRO sebesar 4-7 mm,

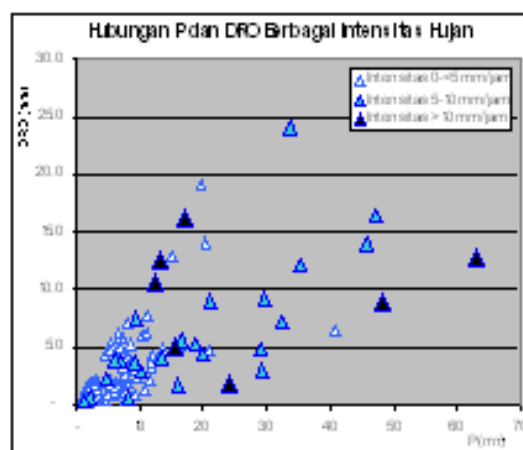
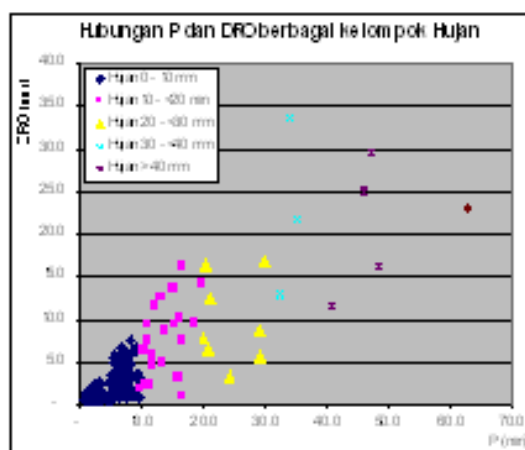


Sumber: hasil analisis

Gambar 6. Hubungan DR dengan Qp

Tabel 7. Keterangan Gambar 6

Penggunaan Lahan	Persamaan	R ²	α
Hutan	$Y = 0,0885x + 1,4798$	0,014	0.25
Hutan Campuran	$Y = 0,4108x + 2,9693$	0,041	0.70
Sawah	$Y = 0,653x + 3,1127$	0,043	0.94
Kebun Campuran	$Y = 0,512x + 1,2137$	0,131	0.60



Sumber: hasil analisis

Gambar 7. Hubungan P dan DRO Berbagai Kelompok Hujan dan Intensitas Hujan

kelompok hujan 10-<30 mm akan menghasilkan DRO 2-18 mm, kelompok hujan 30-40 mm menghasilkan DRO sebesar 15-35 mm, dan hujan sebesar lebih dari 40 mm menghasilkan DRO sebesar 10-30 mm (Gambar 7). Khasanah (2004) mengatakan nilai limpasan permukaan berkisar antara 0-10 mm, curah hujan kurang dari 40mm, sedangkan untuk curah hujan 40-50 mm limpasan berkisar antara 5-20 mm.

Pola hubungan antara P dengan DRO pada berbagai kelompok intensitas hujan ditunjukkan seperti pada Gambar 7. Pada kelompok intensitas hujan kecil (0-<5 mm/jam) kecenderungan nilai P dan DRO kecil. Pada kelompok nilai I sedang (5-10 mm/jam) terdapat kecenderungan nilai P dan DRO seimbang dari kecil menuju ke

peningkatan nilai DRO. Pada kelompok nilai I besar (lebih dari 10 mm/jam) terdapat nilai P yang besar tetapi tidak diikuti dengan meningkatnya DRO.

Kelompok intensitas hujan tidak menunjukkan kecenderungan nyata. Peningkatan jumlah hujan diikuti peningkatan limpasan, namun peningkatan intensitas hujan tidak selalu diikuti peningkatan limpasan. Banyak faktor mempengaruhi intensitas seperti jumlah, lama hujan, kondisi tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah: 1. Tebal hujan (P) menentukan limpasan (DRO). Pada hujan tinggi akan

menghasilkan limpasan yang tinggi, sedangkan pada hujan yang relatif sama akan menghasilkan limpasan yang berbeda mengikuti variasi jenis penggunaan lahan; 2. Pengaruh tebal hujan (P) terhadap limpasan permukaan (DRO) cukup kuat. Pada sub DAS sawah nilai DRO paling besar diikuti kebun campuran, hutan campuran, dan hutan (nilai DRO terkecil); 3. Peningkatan jumlah hujan diikuti peningkatan limpasan, namun peningkatan intensitas hujan tidak selalu diikuti peningkatan limpasan.

Saran, penelitian ini hanya menggunakan sub DAS pantau hutan, hutan campuran, sawah, dan kebun campuran, masing-masing hanya satu penggunaan lahan, perlu sub DAS pembandingan. Disarankan adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan

lebih dari satu sub DAS homogen, supaya dapat dibandingkan antara fenomena hutan, sawah, kebun campuran, maupun dikembangkan untuk jenis penggunaan lahan yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

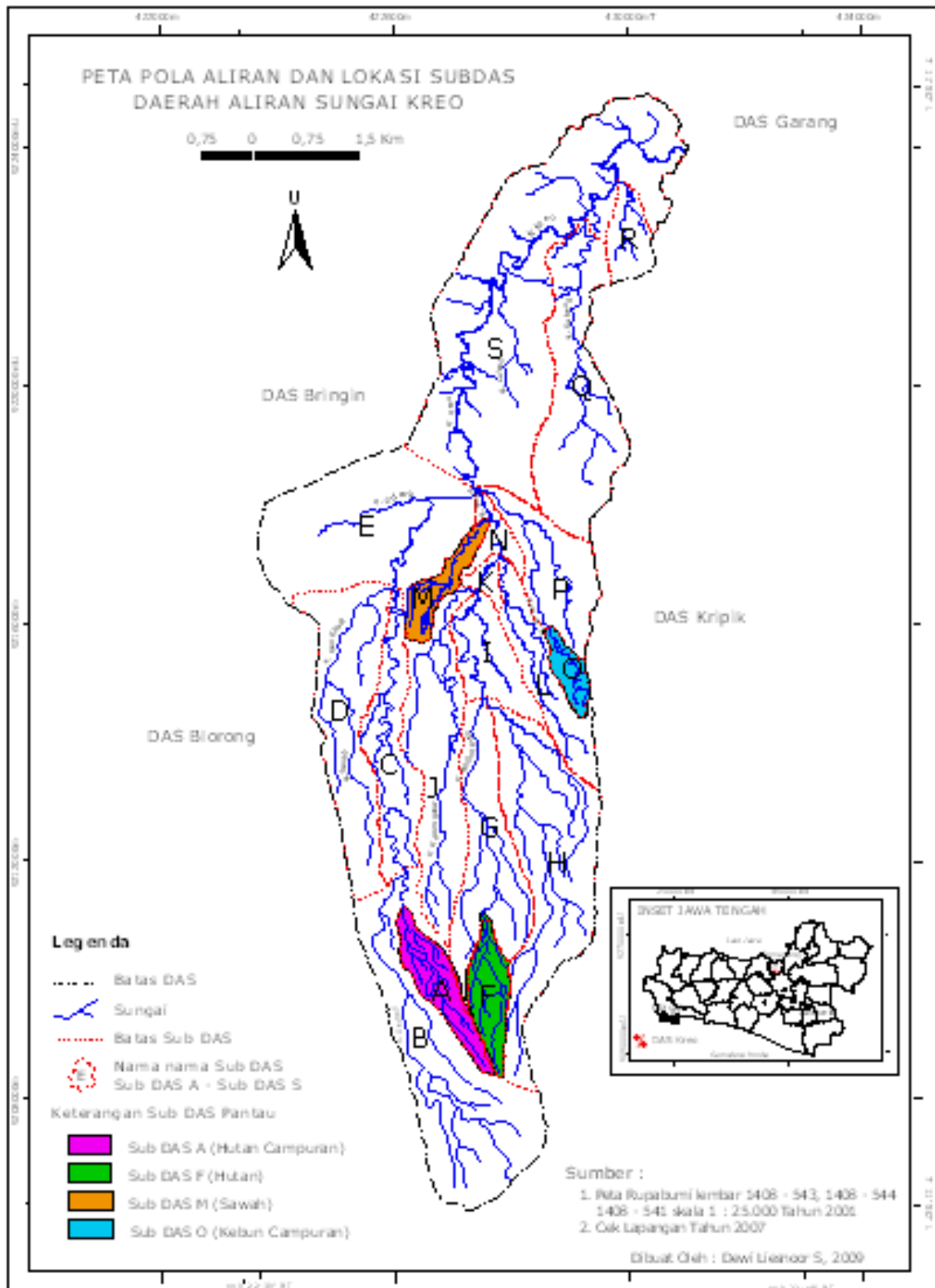
Ucapan terimakasih disampaikan kepada Prof. Dr. Sudarmadji, M.Eng.Sc.; Prof. Dr. Hartono, DEA, DESS; dan Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc. yang telah banyak memberi bimbingan dan pengarahan selama penulis melakukan penelitian untuk disertasi. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak pemberi beasiswa Bantuan Program Pascasarjana (BPPS) Dirjen Dikti yang telah membantu biaya pendidikan selama tiga tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2002) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (edisi 2), Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haan, C.T., Johnson, dan D.L. Brakensiek. (1982) *Hydrologic Modeling of Small Watershed*. Michigan: An ASAE Monograph.
- Hadi, M.P. (2006) Pemahaman Karakteristik Hujan Sebagai dasar Pemilihan Model Hidrologi (Kasus di DAS Bengawan Solo Hulu). *Forum Geografi*. vol. 20, no. 1, pp. 13-26.
- Khasanah, N., Lusiana, B., Farida, Noordwijk, van M. (2004) Simulasi Limpasan Permukaan dan Kehilangan Tanah pada Berbagai Umur Kebun Kopi: Studi Kasus di Sumberjaya, Lampung Barat. *Jurnal Agrivita*. vol. 26, no. 1, pp. 81-88.
- Kinoshita and Nekane (2002) Study on Surface Runoff (Part 1). Effects of Rainfall Intensity on Surface Runoff from The Experimental Plot. National Research Center for Disaster Prevention. http://www.bosai.go.jp/ad/report/abstract/re_18-3/html.
- Laoh, O.E.H. (2002) Keterkaitan Faktor Fisik, Faktor Sosial, Ekonomi, dan Tata Guna Lahan di Daerah Tangkapan Air dengan Erosi dan Sedimentasi (Studi Kasus Tondano, Sulawesi Utara). *Disertasi*. Bogor: Pascasarjana IPB.

- Mustofa, Y.M., Amin, M.S.M., Lee, T.S., dan Shariff, A.R.M. (2005) Evaluation of Land Development Impact on a tropical Watershed Hydrology Using Remote Sensing and GIS. *Journal Of Spatial Hydrology*. vol. 5, no.2.
- Robin, W.S. dan Nicholas, K. (2004) Evaluating The Effect of landuse on Peak Discharge and Runoff in the Soratoga Lake Watersheed, *Paper No. 58-22* Northeastern Section (39th Annual and Southeastern Section), Joint Meeting March 25-27-2004.
- Setyowati, D.L. (2010) Hubungan Hujan dan Limpasan pada Berbagai Dinamika Spasial Penggunaan Lahan di DAS Kreo Jawa Tengah. *Disertasi*. Yogyakarta: Program Pascasarjana Fakultas Geografi UGM.
- Yusmandhany, E. S. (2004) Kemampuan Potensial Tanah Menahan Air Hujan dan Limpasan permukaan Berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan di Daerah Bogor Bagian Tengah. *Buletin Teknik Pertanian*. vol.9, no. 1, pp. 26-29.

Lampiran 1. Peta Pola Aliran dan Lokasi Sub DAS Pantau di DAS Kreo



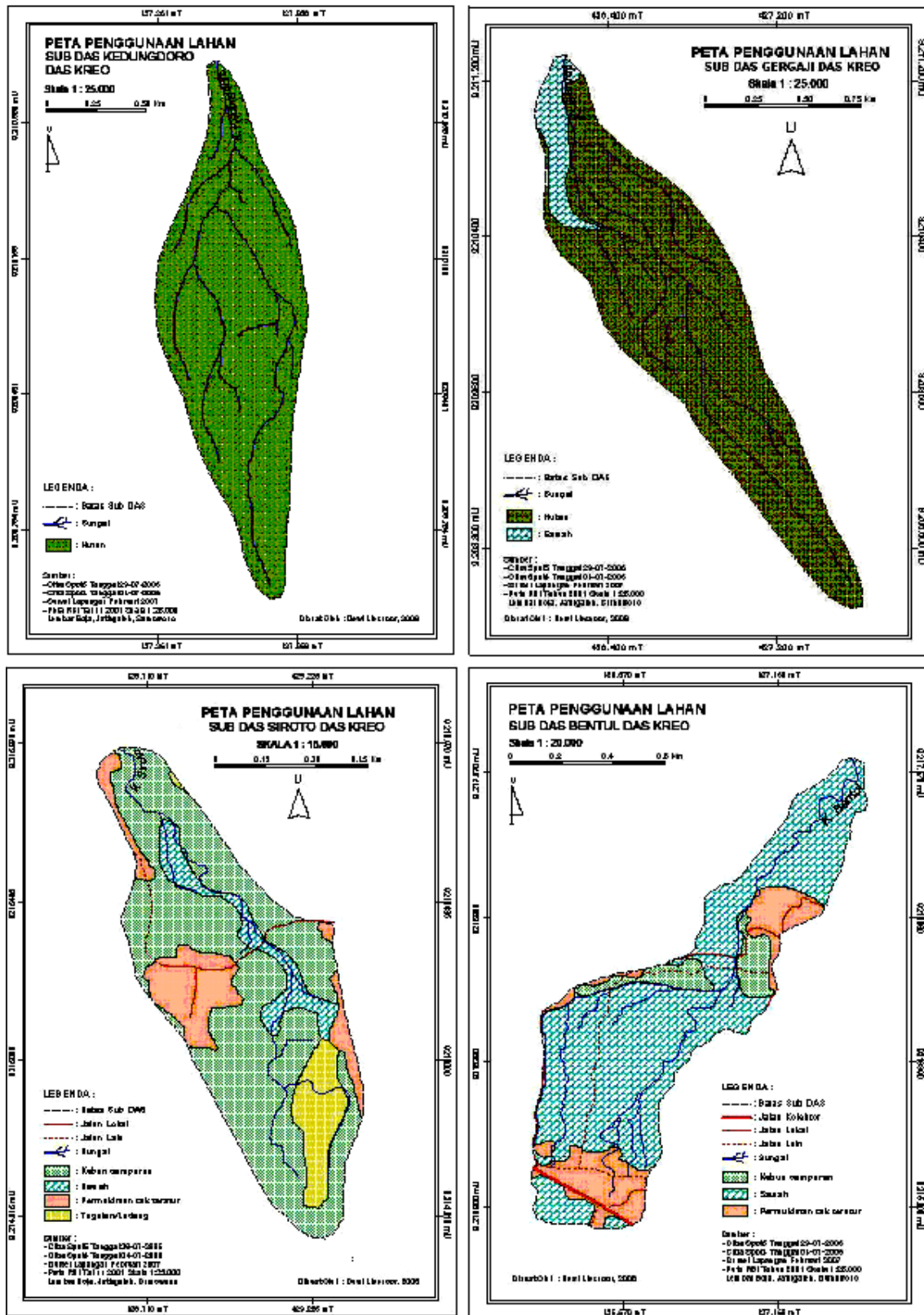
Lampiran 2. Nama dan Luas Sub DAS di DAS Kreo

No.	Nama sub DAS	Kode Sub DAS	Luas (Ha)	Hutan (%)	Kb.camp (%)	LT/SB/R (%)	Pemuk (%)	Sawah (%)	Tegalan (%)
1	Gergaji Hulu*)	A	154,18	95,0	-	-	-	2,0	-
2	Puguh	B	660,54	84,3	2,3	3,3	4,2	5,9	-
3	Gergaji	C	273,61	-	40,0	-	10,4	49,5	-
4	Putih	D	457,72	-	22,9	1,3	20,0	49,1	6,7
5	Promasan	E	656,24	-	27,7	0,9	17,8	49,9	3,8
6	Kedungdoro Hulu *)	F	134,42	100,0	-	-	-	-	-
7	Kedungdoro	G	369,78	30,8	22,9	-	12,6	33,7	-
8	Kedung Dowo	H	616,06	18,8	44,8	-	6,5	29,9	-
9	Banjarejo	I	179,41	-	35,7	0,5	19,5	44,3	-
10	Polaman	J	420,23	12,7	34,0	-	15,4	37,6	0,2
11	Trawan	K	34,55	-	24,5	-	15,9	59,6	-
12	Segunung	L	216,01	-	44,7	0,0	10,2	43,5	1,5
13	Bentul *)	M	108,98	-	5,9	-	7,9	86,2	-
14	Kranji	N	64,35	-	4,6	-	12,0	82,1	1,2
15	Siroto *)	O	43,82	-	77,1	-	11,0	10,9	-
16	Sukorame	P	262,97	-	33,2	-	16,9	46,0	3,9
17	Kandri	Q	508,14	-	43,9	1,7	21,3	18,8	14,3
18	Sadeng **)	R	99,13	-	81,7	-	13,8	-	4,4
19	Kreo	S	1.290,47	-	56,3	8,8	9,5	10,0	15,5

*) Sub DAS pantau (terpilih sebagai sampel sub DAS) dan dipasang alat CH-TMA

**) Sub DAS tidak dipilih karena kendala kondisi lapangan tidak mungkin dipasang alat

Lampiran 3. Peta Penggunaan Lahan Sub DAS di DAS Kreo



Lampiran 4. Kalibrasi Alat Pantau Hujan dan TMA

